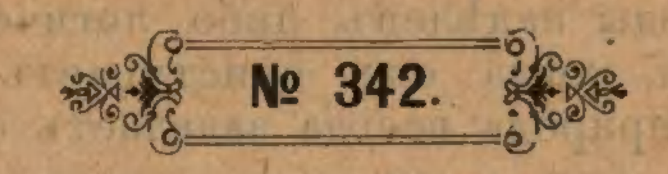
XXIX Сем. № 6.

Вѣстникъ Опытной Физики
и
ЭЛЕМЕНТАРНОЙ МАТЕМАТИКИ.

31 Марта  № 342. 1903 г.

Роль интуиціи и логики въ математикѣ.

Рѣчь, произнесенная профессоромъ Henri Poincaré *въ Парижѣ, на второмъ международномъ конгрессѣ математиковъ, 11-го августа 1900 г.*

(Переводъ Д. Шора).

I.

Всякій, кто изучалъ творенія великихъ математиковъ, знаетъ, что въ нихъ господствуютъ двѣ противоположныя тенденціи, вѣрнѣе, два совершенно различныхъ рода мышленія; и это самое различіе замѣчается даже въ незначительныхъ математическихъ сочиненіяхъ. Одна часть математиковъ обращаетъ главное вниманіе на логику; при чтеніи ихъ работъ невольно возникаетъ представленіе, что авторъ при созданіи ихъ двигался шагъ за шагомъ, подобно тому, какъ стратегъ Vauban [1]) велъ осадныя работы противъ непріятельскихъ крѣпостей по плану, исключавшему всякую возможность непредвидѣннаго случая. Другая же

[1]) Sébastian Le Prestre de Vauban (1633—1707)—авторъ классическихъ трудовъ по военнымъ наукамъ, фортификаціонная система котораго господствовала весьма долгое время во Франціи и даже во всей Европѣ. Отъ 1669 г. Vauban былъ генералъ-инспекторомъ французскихъ крѣпостей, отъ 1703 до 1705—маршаломъ; съ 1699—почетнымъ членомъ Парижской Академіи Наукъ. (*Прим. пер.*).

часть математиковъ, напротивъ того, руководствуется по преимуществу интуиціей; подобно смѣлымъ кавалеристамъ авангарда, они дѣлаютъ свои завоеванія скачками, часто достигая блестящихъ, но зато подчасъ сомнительныхъ результатовъ.

И не отъ предмета трудовъ зависитъ тотъ либо иной родъ мышленія, свойственный каждому математику. Правда, однихъ принято называть *аналитиками*, другихъ *геометрами*; но первые, даже занимаясь геометріей, остаются аналитиками, вторые—геометрами, когда работаютъ въ области чистаго анализа. Математикъ уже отъ природы надѣленъ либо логическимъ либо интуитивнымъ умомъ, и, когда онъ приступаетъ къ изслѣдованію новой области, его природа всегда заявляетъ свои права.

Также и не въ воспитаніи лежитъ причина этого различія. Я полагаю, что подобно тому, какъ люди родятся математиками, они родятся либо геометрами либо аналитиками.

Да будетъ мнѣ позволено привести нѣсколько примѣровъ, въ которыхъ, конечно, не можетъ быть недостатка; но для большаго контраста я начну съ примѣра наиболѣе рѣзкаго различія. При этомъ прошу извинить, что я принужденъ говорить о математикахъ, находящихся еще въ живыхъ.

Méray доказываетъ, что двучленное уравненіе всегда имѣетъ корень. Если существуютъ истины, въ справедливость которыхъ мы можемъ вѣрить на основаніи непосредственной интуиціи, то здѣсь рѣчь идетъ, несомнѣнно, о такой истинѣ; въ самомъ дѣлѣ, кто усомнится въ томъ, что всякій уголъ можно раздѣлить на равное число частей? Но Méray не довольствуется этимъ; на его взглядъ, это предложеніе отнюдь не очевидно, и для доказательства его необходимо исписать нѣсколько страницъ.

Какъ на примѣръ противоположнаго явленія, укажемъ на Klein'a. Онъ изучаетъ, напримѣръ, одинъ изъ наиболѣе абстрактныхъ вопросовъ теоріи функцій; возникаетъ вопросъ, существуетъ ли всегда на данной Riemann'овой поверхности функція, обладающая заданными особенными точками: напримѣръ, двумя особенными логариѳмическими точками, вычеты которыхъ по абсолютной величинѣ равны между собой и противоположны по знаку. Какъ же поступаетъ этотъ знаменитый германскій геометръ? Онъ беретъ вмѣсто Riemann'овой поверхности поверхность металла, электропроводность котораго подчиняется извѣстному закону. Затѣмъ онъ соединяетъ обѣ логариѳмическія точки съ полюсами баттареи; ясно, что возникнетъ электрическій токъ, и законъ его распредѣленія по поверхности дастъ искомую функцію.

Безъ сомнѣнія, Klein зналъ, что этимъ онъ далъ только наглядное представленіе, но, несмотря на это, онъ опубликовалъ эту работу. Очевидно, онъ считаетъ, что, если и не нашелъ въ ней строгаго доказательства, то, по крайней мѣрѣ, увеличилъ вѣру въ возможность таковаго. Логическій умъ съ священнымъ ужасомъ отбросилъ бы всякую подобную мысль, или, вѣрнѣе, она не могла бы даже возникнуть въ его мозгу.

Сравнимъ еще двухъ мужей, изъ которыхъ одинъ недавно скончался, другой же, старѣйшій изъ математиковъ, еще живъ, но, какъ и первый, уже давно сталъ безсмертнымъ. Я говорю о Bertrand'ѣ и Hermite'ѣ [2]). Оба воспитывались въ одной и той же школѣ, въ одно и то же время, подвергались однимъ и тѣмъ же вліяніямъ. И, несмотря на это, какой контрастъ—онъ проявляется не только въ ихъ сочиненіяхъ, но и въ ихъ преподавательской дѣятельности, въ ихъ рѣчи и даже во внѣшности. Въ памяти ихъ учениковъ эти два образа запечатлѣны неизгладимыми чертами. Для большинства изъ тѣхъ, которые имѣли счастье работать подъ ихъ руководствомъ, воспоминаніе о нихъ еще свѣжо, и они безъ труда могутъ вызвать его.

Bertrand сопровождалъ свою рѣчь оживленными жестами, то какъ бы въ борьбѣ съ какимъ-то невидимымъ врагомъ, то рисуя рукой въ воздухѣ фигуры, о которыхъ онъ говорилъ. Очевидно было, что онъ видитъ предъ собой образы и стремится при помощи жестовъ воспроизвести ихъ передъ слушателями. Не то Hermite: его взоръ казался ушедшимъ прочь отъ всего земного, онъ искалъ не во внѣшнемъ мірѣ, а въ духовномъ созерцаніи истины.

Изъ математиковъ Германіи XIX вѣка особенной славы заслужили двое; а именно, оба основателя общей теоріи функцій: Weierstrass и Riemann. Первый сводитъ все къ разсмотрѣнію рядовъ и ихъ аналитическихъ преобразованій; другими словами, онъ дѣлаетъ анализъ какъ бы продолженіемъ ариѳметики. Во всѣхъ его книгахъ Вы не найдете ни одной фигуры. Напротивъ того, Riemann широко пользуется помощью геометріи, и каждая его идея связана съ реальнымъ образомъ, такъ что тотъ, кто разъ ее понялъ, не забудетъ ея никогда.

Изъ болѣе близкаго поколѣнія: Lie былъ интуитивнымъ умомъ. Если еще можно было въ этомъ сомнѣваться при чтеніи его твореній, то послѣ разговора съ нимъ всякому это становилось яснымъ—видно было, что онъ мыслитъ образами. Напротивъ того, Ковалевская обладала логическимъ умомъ.

То же самое различіе наблюдаемъ мы у нашихъ учениковъ. Одни охотнѣе обрабатываютъ заданныя имъ проблемы „аналитически", другіе „геометрически". Первые неспособны „видѣть въ пространствѣ", послѣдніе стремятся избавиться отъ длинныхъ выкладокъ и запутываются въ нихъ.

Оба эти рода математическаго мышленія одинаково необходимы для прогресса науки; логическій умъ создалъ много великаго, что было бы недоступно интуитивному, и наоборотъ. Кто осмѣлился бы утверждать, что предпочелъ бы, чтобы Weierstrass никогда ничего не творилъ, или чтобъ Riemann'а никогда не было, если бы возможенъ былъ такой выборъ? Какъ

[2]) Эта рѣчь была произнесена незадолго до смерти Hermite'а. (*Прим. пер.*).

анализъ, такъ и *синтезъ* играютъ въ наукѣ существенныя роли. Интересно только изслѣдовать, каково участіе каждой изъ этихъ тенденцій въ ходѣ историческаго развитія науки.

II.

Когда мы перечитываемъ творенія древнихъ, то на первый взглядъ можетъ показаться, что всѣ они должны быть отнесены къ категоріи интуитивныхъ умовъ. Но вѣдь природа всегда одна и та же, и поэтому представляется весьма мало вѣроятнымъ, что только въ послѣднемъ вѣкѣ она начала творить умы, которымъ особенно присущъ логическій родъ мышленія.

Если бы мы могли мысленно перенестись въ ту эпоху, стать на господствовавшую тогда точку зрѣнія, то мы убѣдились бы, что многіе изъ этихъ древнихъ геометровъ по своей тенденціи должны быть причислены къ аналитикамъ. Евклидъ, напримѣръ, воздвигъ научное зданіе, въ которомъ его современники не въ состояніи были усмотрѣть недостатковъ; въ этихъ пространныхъ построеніяхъ, каждая изъ составныхъ частей которыхъ, правда, добыта интуитивнымъ путемъ, мы и теперь безъ большого труда узнаемъ твореніе логическаго ума.

Не умы измѣнились съ тѣхъ поръ, а идеи; наше время ставитъ мыслителю бо́льшія требованія, чѣмъ то было прежде.

Какъ же объясняется эта эволюція?

На этотъ вопросъ не трудно отвѣтить. Наука даетъ все больше и больше доказательствъ, что интуиція не въ состояніи дать строгихъ результатовъ, въ которыхъ мы были бы вполнѣ увѣрены.

Приведемъ нѣсколько примѣровъ. Намъ въ настоящее время извѣстно, что существуютъ непрерывныя функціи, не обладающія производной. Ничто не дискредитировало интуицію въ такой мѣрѣ, какъ этотъ фактъ, которымъ мы обязаны логикѣ. Наши отцы безъ малѣйшаго сомнѣнія сказали бы: „Очевидно, что всякая непрерывная функція обладаетъ производной, ибо всякая кривая имѣетъ касательную“.

Какимъ же образомъ интуиція могла обмануть насъ въ этомъ вопросѣ? Когда мы представляемъ себѣ кривую линію, то она въ нашемъ воображеніи всегда обладаетъ толщиной; точно такъ же, представляя себѣ прямую, мы видимъ ее въ воображеніи въ формѣ прямолинейной полосы опредѣленной толщины. Мы отлично знаемъ, что эти линіи лишены толщины; мы силимся представить ихъ себѣ возможно болѣе тонкими и приблизиться такимъ образомъ къ предѣлу; и это удается намъ до извѣстной степени, но достигнуть предѣла мы не въ состояніи.

Теперь ясно, что мы всегда можемъ представить себѣ двѣ тонкія ленты, одно прямую, другую кривую, въ такомъ положеніи, что онѣ имѣютъ общую часть, но не пересѣкаютъ другъ друга.

Такимъ образомъ, мы заключаемъ, что кривая всегда обладаетъ касательной, пока строгій анализъ не предостерегаетъ насъ отъ подобныхъ выводовъ.

Вторымъ примѣромъ я возьму принципъ Dirichlet; прежде довольствовались поверхностнымъ доказательствомъ его. Нѣкоторый интегралъ, зависящій отъ нѣкоторой любой функціи, не можетъ стать равнымъ нулю. Отсюда выводятъ, что онъ долженъ обладать минимумомъ. Ошибочность такого умозаключенія представляется намъ теперь очевидною, такъ какъ въ нашей формулировкѣ мы пользуемся абстрактнымъ терминомъ—*функція;* когда мы слышимъ это слово, то мы ужъ предостережены отъ слишкомъ поспѣшныхъ выводовъ, такъ какъ намъ извѣстны всѣ особенности, которыя можетъ представить функція.

Такого предостереженія не было бы, если бы мы воспользовались конкретными образами; напр., если разсматривать эту функцію, какъ электрическій потенціалъ. Въ такомъ случаѣ казалось бы, дѣйствительно, вполнѣ законнымъ допустить, что возможно электростатическое равновѣсіе. Правда, физическое сравненіе можетъ вызвать кое-какое неясное недовѣріе. Но, если перевести это умозаключеніе на языкъ геометріи, служащій переходною ступенью отъ языка анализа къ языку физики, то никакого недовѣрія не могло бы, безъ сомнѣнія, возникнуть; и, можетъ быть, даже въ настоящее время такая формулировка въ состояніи обмануть недостаточно осторожнаго читателя.

Итакъ, интуиція не даетъ намъ увѣренности. Вотъ почему и совершилась упомянутая эволюція; посмотримъ теперь, какъ она происходила.

Уже давно было замѣчено, что невозможно достигнуть строгости умозаключеній до тѣхъ поръ, пока не будутъ даны строгія опредѣленія.

Долгое время объекты, которые изучаетъ математика, были, большею частью, плохо опредѣлены. Математики разсматривали ихъ, какъ данные, коль скоро они могли указать на соотвѣтствующій объектъ внѣшняго міра или представить себѣ таковой въ воображеніи. Такимъ образомъ, математикъ обладалъ лишь грубымъ изображеніемъ математическаго объекта, а не точной идеей о немъ, на которой только и можетъ основываться логическое построеніе.

Первыя усилія логиковъ должны были быть сдѣланы именно въ этомъ направленіи, необходимо было прежде всего дать точныя опредѣленія.

Такъ было, напримѣръ, съ понятіемъ о несоизмѣримыхъ числахъ.

Неясная идея о непрерывности, которою мы обязаны интуиціи, вылилась въ сложную систему неравенствъ между цѣлыми числами.

И съ тѣхъ поръ совершенно разъяснились трудности, которыя существовали при переходѣ къ предѣлу или при разсмотрѣніи безконечно-малыхъ.

Въ настоящее время анализъ состоитъ только изъ цѣлыхъ чиселъ (вѣрнѣе, изъ конечныхъ и безконечныхъ системъ цѣлыхъ чиселъ), связанныхъ между собой сѣтью соотношеній равенства и неравенства.

Математика, какъ говорятъ, ариѳметизировалась.

III.

Первый вопросъ, который возникаетъ теперь, это: — Закончилась-ли эта эволюція?

Достигли-ли мы, наконецъ, абсолютной строгости? Въ каждой стадіи развитія науки отцы наши полагали, что имъ удалось достигнуть ея. Если они ошибались, не ошибочно-ли было бы утверждать, что намъ удалось достигнуть ея?

Мы полагаемъ, что въ нашихъ разсужденіяхъ мы совершенно независимы отъ интуиціи; но философы отвѣчаютъ на это, что мы обманываемъ себя иллюзіей. Абсолютно чистая логика можетъ привести только къ тавтологіямъ; она не въ состояніи сотворить ничего новаго, изъ нея одной не могла бы возникнуть никакая наука.

Эти философы правы въ одномъ отношеніи: для созданія ариѳметики, равно какъ и геометріи или, вообще, какой бы то ни было науки, требуется, кромѣ чистой логики, еще нѣчто. Это нѣчто лучше всего обозначается словомъ *интуиція*. Посмотримъ, какія различныя идеи обозначаются этимъ терминомъ?

Сравнимъ для этого слѣдующія четыре аксіомы:

1⁰. Двѣ величины, порознь равныя третьей, равны между собой.

2⁰. Если нѣкоторое предложеніе справедливо по отношенію къ числу 1, и если доказано, что оно справедливо по отношенію къ числу $n+1$, коль скоро это имѣетъ мѣсто для числа n, то это предложеніе справедливо для всякаго цѣлаго числа.

3⁰. Если на нѣкоторой прямой точка C лежитъ между A и B, и точка D между A и C, то D лежитъ между A и B.

4⁰. Черезъ любую точку внѣ прямой можно провести къ послѣдней только одну параллельную.

Всѣ эти четыре предложенія должны быть приписаны интуиціи. А между тѣмъ, первое выражаетъ одно изъ правилъ формальной логики; второе представляетъ собой синтетическое сужденіе *a priori* — оно служитъ основой строгой математической индукціи; третье основывается на нашемъ воображеніи; наконецъ, четвертое есть не что иное, какъ скрытое опредѣленіе.

Интуиція не исключительно основывается на свидѣтельствѣ нашихъ чувствъ; чувства скоро оказались бы безсильными. Напримѣръ, мы не въ состояніи представить себѣ тысячеугольника, а между тѣмъ, на основаніи интуиціи, мы нерѣдко говоримъ о многоугольникѣ вообще, который содержитъ тысячеугольникъ, какъ частный случай.

Вамъ извѣстно, что понималъ Poncelet подъ *принципомъ непрерывности.* Poncelet былъ однимъ изъ наиболѣе интуитивныхъ умовъ XIX-го вѣка и увлекался интуиціей почти до хвастовства. Принципъ непрерывности онъ считалъ однимъ изъ наиболѣе смѣлыхъ результатовъ, добытыхъ имъ. А между тѣмъ, этотъ принципъ основывается отнюдь не на свидѣтельствѣ чувствъ: отождествляя, напримѣръ, гиперболу съ эллипсомъ, онъ скорѣе противорѣчитъ нашимъ чувствамъ. Онъ представляетъ собой смѣлое и плодотворное обобщеніе, противъ котораго я, впрочемъ, и не спорю.

Итакъ, существуетъ нѣсколько видовъ интуиціи. Прежде всего, та, которая основывается на чувствахъ и воображеніи. Затѣмъ—обобщеніе посредствомъ индукціи, подражающее, такъ сказать, пріемамъ экспериментальныхъ наукъ. Наконецъ—интуиція чистыхъ чиселъ, изъ которой вытекаетъ вторая изъ только-что упомянутыхъ аксіомъ; этотъ послѣдній родъ интуиціи даетъ намъ возможность воздвигать истинныя математическія построенія.

Два первыхъ рода интуиціи не могутъ намъ дать увѣренности, какъ я показалъ на вышеприведенныхъ примѣрахъ. Но кто усомнится въ непреложности третьяго рода интуиціи, кто усомнится въ ариѳметикѣ?

Въ настоящее время мы въ состояніи, если только не пожалѣть на это труда, развить анализъ такъ, что онъ не будетъ содержать ничего, кромѣ силлогизмовъ и ссылокъ на эту интуицію чистыхъ чиселъ, которая одна только заслуживаетъ полнаго довѣрія. И въ этомъ смыслѣ, можно сказать, что нынѣ мы достигли абсолютной строгости.

(Окончаніе слѣдуетъ).

Каталитическія явленія.

Въ послѣднее время, главнымъ образомъ подъ вліяніемъ работъ проф. W. Ostwald'a и его учениковъ, пробудился большой интересъ къ явленіямъ такъ называемаго катализа или контакта. Громадную роль въ этомъ отношеніи долженъ былъ сыграть также небывалый прогрессъ въ технической химіи, почти всецѣло обязанный катализу. Вотъ что говоритъ по этому поводу вышеупомянутый германскій ученый: „Великій тріумфъ технической химіи въ Германіи, способный вызвать въ большинствѣ странъ промышленный переворотъ—синтезъ индиго—создался благодаря катализу: окисленіе нафталина сѣрной кислотой идетъ быстро и легко только въ присутствіи ртути; сама сѣрная кислота есть продуктъ каталитической реакціи“. Но еще большій интересъ представляетъ катализъ съ теоретической стороны; по мнѣнію

того же ученаго, катализъ долженъ оказать громадную услугу при изученіи физико-химическихъ явленій; въ физіологіи онъ въ состояніи сыграть роль первостепенной важности; возможно, что онъ будетъ въ значительной степени способствовать разрѣшенію тѣхъ основныхъ проблемъ физіологіи, надъ которыми теперь тщетно бьется наука.

Въ этой статьѣ мы познакомимъ читателя съ данными о катализѣ, представляющими собой рефератъ замѣчательной статьи Ostwald'а — „Über Katalyse" (докладъ, прочитанный на 73 съѣздѣ естествоиспытателей и врачей въ Гамбургѣ), и статьи J. T. Conroy: „La catalyse et ses applications industrielles", помѣщенной въ „Revue générale des Sciences" *).

Первымъ, введшимъ въ науку понятіе о каталитическихъ или контактныхъ явленіяхъ, былъ Berzelius (1835 г.), которому мы обязаны и самымъ названіемъ ихъ.

Лучшее опредѣленіе катализа или, точнѣе, каталитическаго агента (катализатора) принадлежитъ тому же Ostwald'у:

Катализаторъ есть вещество, которое вліяетъ на скорость хода химической реакціи, не входя само въ конечные продукты этой реакціи.

Число реакцій, въ которыхъ можетъ проявиться дѣйствіе катализатора, почти безгранично. Повидимому, всякая реакція можетъ стать каталитической, равно какъ и всякое вещество, простое и сложное, въ состояніи оказаться катализаторомъ. Вещество это бываетъ въ состояніи твердомъ, жидкомъ, газообразномъ и парообразномъ. Къ этому можно добавить, что каталитическія явленія одинаково происходятъ какъ съ неорганической, такъ и съ органической матеріей. Несмотря на такое разнообразіе каталитическихъ явленій, они все же поддаются классификаціи. Ostwald дѣлитъ всѣ явленія катализа на слѣдующія четыре группы:

1. Катализъ въ пересыщенныхъ растворахъ.
2. Катализъ въ гомогенныхъ смѣсяхъ.
3. Катализъ въ гетерогенныхъ смѣсяхъ.
4. Дѣйствіе ферментовъ.

Разсмотримъ каждую группу въ отдѣльности.

Катализъ въ пересыщенныхъ растворахъ. Явленія этого рода въ общихъ чертахъ извѣстны всѣмъ. Примѣромъ можетъ служить выдѣленіе кристалловъ глауберовой соли, если въ пересыщенный растворъ ея бросить крупинку той же соли. Нѣсколько лѣтъ тому назадъ Ostwald производилъ опредѣленія minimum'а количества вещества, способнаго еще производить выдѣленіе изъ растворовъ; вѣсъ его оказался равнымъ отъ 10^{-10} до 10^{-12} гр., но не произвольно малымъ, такъ какъ крупинки меньшаго вѣса дѣйствія уже не оказываютъ.

---

*) 1902 г., № 12.

Теорія явленій первой группы сводится къ слѣдующему. Насыщенный растворъ представляетъ форму, устойчивость которой, при данныхъ условіяхъ температуры и давленія, не является наибольшею. Существуетъ еще другое, болѣе устойчивое состояніе, характеризующееся тѣмъ, что наступаетъ новая фаза, т. е. выдѣляется такая составная часть системы, которая физически отличается отъ остальной части и можетъ быть отдѣлена отъ нея чисто механическимъ путемъ. Въ растворѣ глауберовой соли это будетъ твердая соль, въ растворѣ угольной кислоты это—углекислый газъ. Новая фаза сама по себѣ не наступаетъ; но стоитъ только ввести въ систему маленькую часть этой фазы, какъ равновѣсіе нарушается, путь для образованія новой фазы открытъ и она растетъ до тѣхъ поръ, пока не установится новаго равновѣсія.

Для полученія новой фазы (твердой) требуется, чтобы растворенное вещество и вещество катализатора было одними и тѣми же или, по крайней мѣрѣ, изоморфными тѣлами, т. е. кристаллизирующимися въ одной и той же формѣ и способными войти въ составъ одного и того же кристалла, выдѣляясь изъ одного раствора. Въ этомъ послѣднемъ свойствѣ изоморфныхъ тѣлъ и лежитъ, вѣроятно, причина дѣйствія катализатора на растворъ изоморфнаго съ нимъ тѣла. Тѣла несходныя указаннымъ свойствомъ не обладаютъ и потому каталитическихъ явленій первой группы между ними не происходитъ. Подтвержденіемъ этого взгляда служитъ тотъ замѣчательный фактъ, что для выдѣленія изъ раствора газовъ, которые, какъ извѣстно, весьма легко перемѣшиваются, катализаторомъ можетъ служить любой газъ.

Если въ растворѣ находятся различныя вещества, то прибавленіемъ соотвѣтствующаго катализатора часто можно выдѣлить изъ жидкости то или другое тѣло. Если такой растворъ налить въ трубку, въ различныхъ мѣстахъ которой были помѣщены катализаторы, то въ этихъ мѣстахъ начнется образованіе соотвѣтствующихъ веществъ. Возможно, что аналогичное явленіе происходитъ въ организмѣ животныхъ, въ различныхъ органахъ котораго образуются различныя вещества (секреты), переходящія туда изъ раствора одной и той же жидкости—крови.

Катализъ въ гомогенныхъ смѣсяхъ. Сюда принадлежатъ самыя многочисленныя и теоретически важнѣйшія каталитическія явленія. Объясненіе, данное явленіямъ первой группы, здѣсь не можетъ имѣть мѣста уже потому одному, что въ гомогенной системѣ, т. е. въ такой, всѣ тѣла которой, какъ входящія въ реакцію, такъ и являющіяся результатомъ ея, находятся въ одномъ физическомъ состояніи, не можетъ явиться новая фаза. Впрочемъ, существуетъ нѣчто, что связываетъ обѣ группы явленій; это — переходъ изъ неустойчиваго равновѣсія въ устойчивое. Въ самомъ дѣлѣ, не будь этого, процессъ могъ бы происходить только при условіи притока свободной энергіи извнѣ. Между тѣмъ, из-

вѣстно, что реакціи при катализѣ—всѣ экзотермическія, т. е. протекаютъ съ выдѣленіемъ тепла. Но какимъ образомъ гомогенная система можетъ находиться въ неустойчивомъ равновѣсіи? Отвѣтъ таковъ: она будетъ въ такомъ состояніи лишь при условіи существованія внутри ея непрерывныхъ химическихъ превращеній. Реакція можетъ идти очень медленно, настолько медленно, что безъ особыхъ, спеціально для этой цѣли придуманныхъ методовъ этихъ измѣненій нельзя было бы замѣтить; но все же мы вправѣ сказать, что скорость реакціи не равна нулю, хотя и близка къ нему. Теперь для насъ станетъ яснымъ то опредѣленіе катализа, которое мы привели въ началѣ статьи. Впрочемъ, мы должны здѣсь оговориться. Далеко не всегда можетъ быть доказано, что катализаторъ только ускоряетъ реакцію, а не вызываетъ ее; тѣмъ не менѣе, приведенное опредѣленіе объединяетъ большинство явленій, а главное—характеризуетъ ихъ съ такой стороны, которая позволяетъ производить точныя количественныя изслѣдованія.

Теорій, пытающихся объяснить катализъ разсматриваемой группы, существуетъ очень много. Мы разсмотримъ главнѣйшія изъ нихъ, да и то въ самомъ сжатомъ видѣ.

Слѣдующія соображенія о сущности катализа принадлежатъ Armstrong'у: „Теперь уже хорошо извѣстно", пишетъ онъ: „что рѣдко реакція происходитъ между двумя чистыми веществами; необходимо третье вещество, являющееся хотя бы лишь въ видѣ подмѣси къ двумъ первымъ. Очень часто для реакціи требуется присутствіе воды, дѣйствующей въ большинствѣ случаевъ, какъ растворитель". Исходя изъ гипотезы Faraday'я, по которой силы, называемыя химическимъ сродствомъ, и электричество—одно и то же, Armstrong опредѣлилъ химическія реакціи (экзотермическія), какъ „обратный электролизъ", происходящій только при условіяхъ, при которыхъ образуется замкнутая гальваническая цѣпь; при этомъ „третье вещество"—катализаторъ—дополняетъ входящія въ реакцію тѣла до такой системы, въ которой эта цѣпь образуется. Возможно, что нѣкоторымъ каталитическимъ реакціямъ эта гипотеза въ состояніи дать удовлетворительное объясненіе, но на полное объясненіе всѣхъ явленій она далеко не можетъ претендовать.

Любопытно сопоставить эту теорію съ теоріей, недавно высказанной Euler'омъ. Еще до него предполагалось, что всѣ химическія реакціи происходятъ между іонами и что скорость реакціи зависитъ отъ концентраціи этихъ іоновъ. По мысли Euler'а, каталитическій агентъ обладаетъ способностью измѣнять эту концентрацію. Съ точки зрѣнія этой гипотезы, непонятнымъ является, напр., тотъ часто наблюдаемый фактъ, что дѣйствіе двухъ катализаторовъ вызываетъ гораздо бо́льшее ускореніе въ ходѣ реакціи, чѣмъ то, которое должно было бы получиться при простомъ суммированіи ускореній, вызываемыхъ отдѣльными катализаторами.

Наибольшаго вниманія заслуживаетъ „теорія промежуточныхъ

реакцій", впервые въ научномъ видѣ высказанная Clément'омъ и Désormes'омъ въ 1806 г., которые при ея помощи объяснили полученіе сѣрной кислоты изъ сѣрнистаго газа и кислорода воздуха въ присутствіи окиси азота. Сущность этой теоріи легче всего понять на примѣрѣ. Окись азота прямо и легко соединяется съ кислородомъ, давая высшія формы окисленія азота, обращающіяся въ присутствіи воды въ азотную кислоту; послѣдняя переводитъ сѣрнистый газъ SO^2 въ SO^3—ангидридъ сѣрной кислоты, съ водою дающій H^2SO^4, а сама раскисляется въ окись азота и воду, послѣ чего начинается тотъ же процессъ снова. Въ результатѣ небольшое количество окиси азота переводитъ въ SO^3 теоретически неопредѣленно большое количество SO^2.

Эта теорія имѣетъ большія преимущества передъ другими: она просто и ясно объясняетъ многія реакціи, которыя безъ нея казались бы запутанными, и при этомъ не требуетъ никакихъ новыхъ допущеній; она даетъ намъ полную картину хода реакцій, не оставляя необъясненными даже детали; наконецъ, пользуясь ею, удавалось даже предсказывать новыя реакціи,—свойство, которое, если еще не можетъ служить несомнѣннымъ доказательствомъ справедливости теоріи, все же указываетъ на большую вѣроятность ея. Многое говоритъ въ пользу этой теоріи и тотъ фактъ, что, вообще, катализаторъ есть вещество, способное реагировать съ однимъ или нѣсколькими тѣлами, входящими въ реакцію. Правда, существуетъ одно обстоятельство, которое способно вызвать недоумѣніе у читателя, недостаточно знакомаго съ химіей: по теоріи „промежуточныхъ реакцій" слѣдуетъ, что тѣло образуется при тѣхъ же условіяхъ, при которыхъ оно распадается. Это не должно насъ смущать. Весьма часто случается, что температура, при которой тѣло образуется, очень близка къ температурѣ его разложенія. Такъ бываетъ, напр., съ перекисью барія.

Несмотря на всѣ достоинства этой теоріи, несмотря на то, что во многихъ случаяхъ справедливость ея можетъ быть признана стоящею внѣ сомнѣнія, однако, *всѣхъ* каталитическихъ явленій второй группы даже эта теорія не въ силахъ объяснить. Какъ же узнать, примѣнима ли теорія „промежуточныхъ реакцій" къ каждому данному случаю? Ostwald, предостерегая противъ чрезмѣрнаго увлеченія этой теоріей, совѣтуетъ посмотрѣть предварительно, насколько окольнымъ путемъ, при помощи катализатора, реакція происходитъ легче, чѣмъ прямо. Напр., доказано, что процессъ окисленія сѣрнистаго газа кислородомъ воздуха происходитъ гораздо медленнѣе, чѣмъ двѣ другія реакціи: окисленіе сѣрнистаго газа азотной кислотой и соединеніе окиси азота съ кислородомъ; поэтому мы можемъ для даннаго случая считать теорію промежуточныхъ реакцій справедливою.

Вотъ еще нѣсколько примѣровъ катализа, объясняемыхъ теоріей „промежуточныхъ реакцій". Хлоръ получается изъ хлористоводороднаго газа, въ присутствіи кислорода воздуха и солей мѣди, при пропусканіи смѣси воздуха и хлористаго водорода

черезъ камни, пропитанные растворомъ солей мѣди. Двойнымъ разложеніемъ изъ соли мѣди и хлористаго водорода образуется $CuCl^2$—соль мѣди, служащая катализаторомъ. При нагрѣваніи $CuCl^2$ даетъ $CuCl$ и хлоръ, а $CuCl$ съ кислородомъ воздуха образуетъ Cu^2Cl^2O; это соединеніе съ $2HCl$ даетъ опять $CuCl^2$ и т. д. Описанный способъ полученія хлора носитъ названіе процесса Deacon'а и употребляется весьма часто для промышленнаго добыванія хлора. Полученіе кислорода изъ бѣлильной извести ($CaCl^2O^2$) въ присутствіи окиси кобальта представляетъ тоже каталитическую реакцію. Сама по себѣ бѣлильная известь кислорода не выдѣляетъ, но зато обладаетъ способностью переводить окись кобальта въ высшую степень окисленія, которая разлагается на кислородъ и окись кобальта; послѣдняя опять отнимаетъ у бѣлильной извести кислородъ и т. д. Можно упомянуть еще объ одной реакціи, съ которой обыкновенно начинаютъ изученіе химіи,—о добываніи кислорода изъ бертолетовой соли, при чемъ катализаторомъ служитъ перекись марганца.

Очень трудно объяснимый случай катализа представляютъ такіе процессы, въ которыхъ тѣло, принимающее участіе въ реакціи, въ то же время само служитъ катализаторомъ. Мы скажемъ нѣсколько словъ о самомъ извѣстномъ случаѣ, происходящемъ при раствореніи металловъ въ азотной кислотѣ. Если мы опустимъ металлъ въ чистую кислоту, то ходъ реакціи таковъ: сперва раствореніе идетъ чрезвычайно медленно, постепенно дѣлается все быстрѣе и, наконецъ, становится бурнымъ; затѣмъ процессъ опять замедляется; въ концѣ реакціи скорость ея близка къ нулю. Все это находится въ полномъ противорѣчіи съ обычнымъ ходомъ реакцій, сначала быстрымъ и постепенно становящимся медленнымъ. Картина рѣзко мѣняется, если реакція происходитъ съ кислотой, уже бывшей въ употребленіи, содержащей уже металлъ. Раствореніе здѣсь съ самаго начала идетъ очень быстро. При разсматриваніи этихъ явленій невольно напрашивается на мысль аналогія изъ совершенно другой области: это свойство кислоты напоминаетъ намъ свойства нашего организма, выражающіяся въ привычкѣ и памяти.

Катализъ въ гетерогенныхъ смѣсяхъ. Въ реакціяхъ этой группы катализаторомъ служатъ тѣла, способныя сгущать газъ на пористой поверхности (абсорбція), каковы древесный уголь, губчатая платина, или поглощать газъ сплошной массой твердаго тѣла (окклюзія), каковъ палладій. Реакціи, разсматриваемыя здѣсь, суть окисленіе и возстановленіе. Окисленіе производится кислородомъ, а возстановленіе водородомъ, поглощенными или сгущенными катализаторомъ и, вслѣдствіе этого, болѣе энергично вступающими въ реакціи.

Во многихъ случаяхъ хорошіе результаты даетъ присутствіе угля. Когда уголь оказывается недостаточнымъ, употребляютъ платину. Иногда достаточно бываетъ нѣсколькихъ листочковъ платины, въ другихъ случаяхъ требуется губчатая платина.

Если платина не приноситъ желаемыхъ результатовъ, часто съ успѣхомъ примѣняютъ палладій.

Гипотезъ, построенныхъ для объясненія этихъ явленій, существуетъ немало. Весьма правдоподобнымъ является объясненіе, данное Bodenstein'омъ. Извѣстно, что тѣла въ газообразномъ состояніи очень рѣдко и слабо вступаютъ въ реакціи; реакція при этомъ идетъ въ высшей степени медленно. Представимъ себѣ теперь, что часть газообразной смѣси переходитъ, подъ вліяніемъ катализатора, въ жидкое состояніе или, оставаясь газомъ, принимаетъ плотность, соотвѣтствующую жидкости; въ этой части реакція происходитъ гораздо быстрѣе. Постепенно все новыя и новыя количества газа будутъ сгущаться и переходить въ новое соединеніе.

Вотъ другая гипотеза, имѣющая за себя тоже немало данныхъ: платина и палладій образуютъ съ кислородомъ химическое соединеніе (PtO^2 и PtO), которое уже окисляетъ тѣло, входящее въ реакцію. Съ этой точки зрѣнія, здѣсь происходитъ явленіе, объясняемое „теоріей промежуточныхъ реакцій". Что касается до водорода, то опредѣленныхъ химическихъ соединеній его съ платиной и палладіемъ неизвѣстно. Ramsay и Hoitsema, независимо другъ отъ друга, пришли къ заключенію, что водородъ въ состояніи окклюзіи дѣлается одноатомнымъ, т. е. молекула H^2 расщепляется на двѣ части; въ этомъ состояніи, сходномъ съ „состояніемъ въ моментъ выдѣленія", водородъ соединяется весьма энергично со многими тѣлами.

Нельзя обойти молчаніемъ еще одинъ факторъ въ явленіяхъ этого рода, могущій вліять на скорость реакціи, а иногда даже и вызвать ее: при окклюзіи выдѣляется теплота, нерѣдко значительная, а большинство каталитическихъ процессовъ—экзотермическія реакціи; поэтому, разъ взаимодѣйствіе началось, оно уже будетъ продолжаться на счетъ выдѣляющагося тепла.

Насколько опредѣленіе, данное нами катализатору, примѣнимо къ явленіямъ разсматриваемой группы? Прямыхъ указаній на то, что и безъ катализатора реакція, хотя бы и очень медленная, все же существуетъ, у насъ нѣтъ. Изъ косвенныхъ укажемъ на связь между температурой и скоростью реакціи, а также и на то, что при высокой температурѣ реакція происходитъ сама собою, безъ катализатора. Все это даетъ намъ нѣкоторыя основанія предполагать, что и при обыкновенной температурѣ можетъ идти химическое превращеніе, но слишкомъ медленное для того, чтобы мы были въ состояніи его замѣтить; припомнимъ къ тому же, что вообще реакціи газообразныхъ тѣлъ происходятъ несравненно медленнѣе жидкихъ.

Приводимъ нѣсколько наиболѣе извѣстныхъ примѣровъ катализа въ гетерогенныхъ смѣсяхъ.

Мы уже указывали на способъ промышленнаго полученія сѣрной кислоты, долгое время бывшій общеупотребительнымъ. Теперь онъ вытѣсняется другимъ, тоже основаннымъ на катализѣ.

Мы уже знаемъ о свойствѣ губчатой платины сгущать на поверхности кислородъ воздуха и окислять имъ многія тѣла. Этимъ свойствомъ воспользовались для окисленія сѣрнистаго газа до SO^3—ангидрида сѣрной кислоты. Теперь этотъ процессъ употребляется въ громадныхъ размѣрахъ для добыванія сѣрной кислоты на химическихъ заводахъ. Одна только Badische Anilin und Soda Fabrik сожигаетъ ежегодно до 80.000 тоннъ сѣрнаго колчедана для полученія изъ него сѣрнистаго газа. Всѣмъ извѣстенъ способъ синтеза воды изъ гремучаго газа (смѣси водорода и кислорода) въ присутствіи губчатой платины; на этомъ основано устройство водороднаго огнива.

Окисляя спирты, можно перевести ихъ въ соотвѣтствующіе альдегиды. Такимъ способомъ получаютъ изъ метилловаго или древеснаго спирта формальдегидъ, извѣстный подъ именемъ формалина и въ послѣднее время получившій огромное распространеніе, какъ превосходное антисептическое средство.

Очень важной въ промышленномъ отношеніи реакціей является окисленіе нафталина сѣрной кислотой, переводящей его во фталевую кислоту въ присутствіи губчатой платины—одна изъ промежуточныхъ стадій въ полученіи индиго синтетическимъ путемъ.

Дѣйствіе ферментовъ. Какъ извѣстно, большинство реакцій въ организмѣ животныхъ происходитъ, благодаря присутствію въ немъ разнообразныхъ ферментовъ; поэтому, мы вправѣ считать ферменты тоже за катализаторъ. Съ ихъ помощью не только выполняется съ начала до конца пищевареніе и усвоеніе пищи кровью, но и происходитъ основной процессъ въ организмѣ—пріобрѣтеніе необходимаго запаса энергіи, образующейся вслѣдствіе медленнаго горѣнія внутри организма; реакція эта происходитъ только благодаря ферментамъ, ибо свободный кислородъ, при температурѣ организма, очень недѣятеленъ.

Съ физико-химической точки зрѣнія, отличительнымъ признакомъ процессовъ въ живомъ организмѣ является, несомнѣнно, самостоятельно регулируемое полученіе и распредѣленіе химической энергіи, потребной для выполненія всѣхъ движеній организма. Существуетъ три различныхъ способа регулировать скорость хода реакціи: температура, концентрація раствора и катализъ. Первый факторъ не можетъ быть использованъ организмами, потому что у высшихъ животныхъ температура колеблется лишь въ самыхъ узкихъ предѣлахъ. Концентрація сильно ограничена степенью растворимости вещества. Остается одно средство, могущее служить во всѣхъ случаяхъ—катализъ, который и исполняетъ свои функціи съ идеальнымъ совершенствомъ. Въ этомъ отношеніи изученіе каталитическихъ явленій въ организмахъ должно повести къ открытіямъ первостепенной важности для біологическихъ наукъ. Къ сожалѣнію, производившіяся до сихъ поръ въ этомъ направленіи работы не дали достаточно осязательныхъ результатовъ. На пути встрѣтились громадныя труд-

ности, обусловленныя сильной измѣнчивостью ферментовъ и даже быстро происходящей утратой ими каталитическихъ свойствъ. Но и въ тѣхъ немногихъ случаяхъ, когда изслѣдованія были произведены способами, не могущими вызвать возраженій, оказались противорѣчивые результаты. Въ то время какъ одни авторы находятъ большое соотвѣтствіе между каталитическими свойствами ферментовъ и простыми законами, управляющими катализомъ въ неорганической химіи, другіе констатировали полное различіе.

Подводя итоги сказанному, приходится сознаться, что до сихъ поръ наши знанія о сущности каталитическихъ процессовъ весьма поверхностны, а подчасъ даже сбивчивы; въ большинствѣ случаевъ, приходится ограничиваться, вмѣсто объясненія, лишь намеками на него. Но и теперь можно сказать съ увѣренностью, что не существуетъ вовсе какой-то особенной таинственной каталитической силы, которою не такъ давно пользовались для объясненія этихъ явленій. Едва-ли можно ошибиться, сказавъ, что всѣ каталитическіе процессы найдутъ себѣ объясненіе въ дѣйствіи силъ, намъ уже извѣстныхъ, но въ большинствѣ случаевъ изученныхъ недостаточно. Мы видѣли, что существующія теперь теоріи сравнительно удовлетворительно могутъ объяснить лишь нѣкоторыя отдѣльныя группы явленій; да и вообще, трудно ожидать, чтобы нашлась такая универсальная теорія, которая объединила бы всѣ разнообразные случаи катализа. Неудивительно поэтому, что и наиболѣе удачное опредѣленіе катализа, данное Ostwald'омъ и приведенное въ началѣ нашего очерка, не можетъ быть распространено на всѣ явленія этого рода.

Н. О.

Построеніе произвольныхъ угловъ съ значительной долей точности.

Мнѣ не приходилось встрѣчать въ русскихъ руководствахъ по геометрическому черченію способа построенія произвольныхъ угловъ, указаннаго директоромъ школы часового дѣла въ Карлштейнѣ (Австрія) г. Дицшольдомъ (Dietzschold) (Récettes et procédés utiles Nature).

Между тѣмъ, ошибка очень незначительна, а самый способъ получилъ полныя права гражданства въ начальныхъ школахъ г. Парижа (Руководство по ручному труду Жюлли. Bélin éditeur 1893). Способъ построенія слѣдующій: зачерчиваютъ окружность радіуса 57,3 mm. (длина окружности 360 mm. при радіусѣ $\frac{360}{2\pi} = 57,2958$ mm.) и на окружности циркулемъ съ сухими ножками откладываютъ хорды въ 1^{mm}, 2^{mm}, 3^{mm} и т. д., а дуги, стягиваемыя этими хордами, принимаютъ за дуги въ 1^0, 2^0, 3^0.

Величина ошибки видна изъ слѣдующей таблицы:

R = 57,3 mm.

Хорда.	Соотвѣтствующая дуга.				Уголъ.	Соотвѣтствующая хорда.
mm.	°	′	″		°	mm.
1	0	59	59	78	1	1,00006
2	1	59	59	82	2	2,0004
3	3	0	0	44	3	2,99988
4	4	0	01	86	4	3,99948
5	5	0	03	98	5	4,99878
6	6	0	08	30	6	5,99770
7	7	0	13	84	7	6,99616
8	8	0	21	32	8	7,99420
9	9	0	31	01	9	8,9914
10	10	0	43	20	10	9,9885
11	11	0	58	0	11	10,9839
12	12	1	16	0	12	11,9789
13	13	1	37	4	13	12,973
14	14	2	02	4	14	13,966
15.	15	2	31	4.	15.	14,958.

Комбинируя углы, построенные этимъ способомъ, съ углами, опредѣляемыми обычнымъ способомъ (90°, 60°, 45°, 30° и 15°), мы можемъ строить произвольные углы.

Напр., $52° = 45° + 7° = 60° - 8°.$

$107° = 120° - 13° = 105° + 2°$ и т. п.

М. В. (Иваново-Вознесенскъ).

НАУЧНАЯ ХРОНИКА.

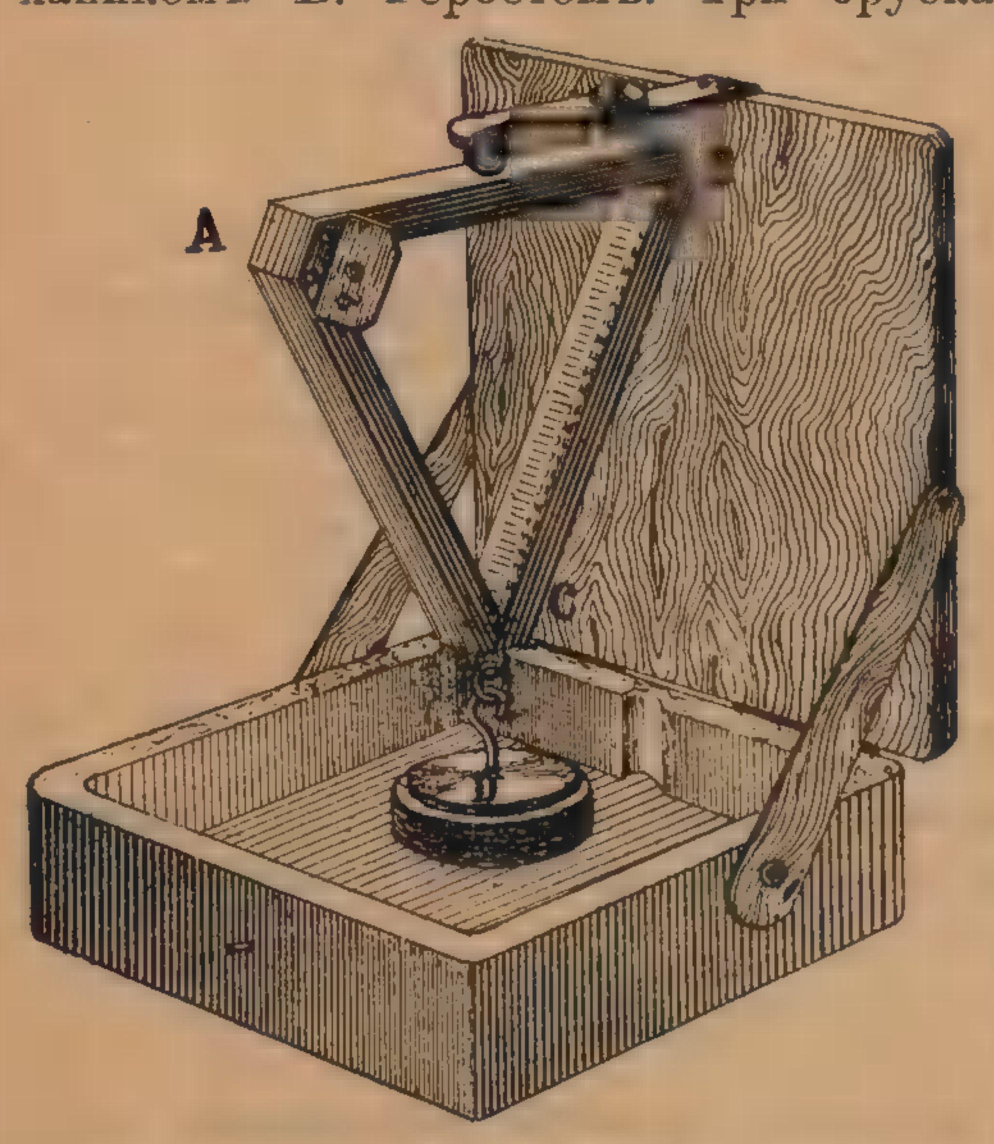
Солнечный треугольникъ. Въ №№ 6—7 выпуска IX „Извѣстій Русскаго Астрономическаго Общества", вышедшемъ въ концѣ прошлаго года, и въ „Русскомъ Астрономическомъ Календарѣ на 1903 годъ" помѣщены статьи проф. С. П. Глазенапа объ инструментѣ, построенномъ имъ по идеѣ Аргеландера и названномъ „солнечнымъ треугольникомъ".

Этотъ небольшой и весьма простой по своему устройству инструментъ предназначенъ для опредѣленія времени по соотвѣтствующимъ высотамъ Солнца. Опредѣленіе времени,—въ сущности, опредѣленіе поправки часовъ наблюдателя,—есть одна изъ основныхъ задачъ практической астрономіи. Не для чего распространяться на ту тему, насколько важна эта задача и для

не-астрономовъ. Разница только въ той точности, которая нужна астрономамъ или въ обыденной жизни. Для житейской практики или для любителей-астрономовъ точность въ $^1/_2$ минуты уже вполнѣ достаточна; между тѣмъ, наблюденія высотъ Солнца съ помощью „солнечнаго треугольника", — конечно, при нѣкоторомъ навыкѣ и при соблюденіи нѣкоторыхъ правилъ, — даютъ возможность опредѣлять поправку часовъ съ точностью до ± 2 секундъ.

Подробное описаніе самаго прибора, наблюденій съ нимъ и обработки таковыхъ даны проф. Глазенапомъ въ упомянутыхъ выше статьяхъ его; въ послѣдней изъ нихъ имѣются и всѣ данныя, которыя необходимы при обработкѣ наблюденій. Здѣсь мы ограничимся лишь краткимъ описаніемъ инструмента и идеи, положенной въ основу наблюденій съ помощью его.

Прилагаемый рисунокъ изображаетъ солнечный треугольникъ въ томъ видѣ, какъ онъ изготовляется петербургскимъ механикомъ В. Гербстомъ. Три бруска АВ, ВС и СА образуютъ равносторонній треугольникъ, въ одной изъ вершинъ котораго С подвѣшивается грузъ D, устанавливающій треугольникъ (при подвѣсѣ его за середину стороны АВ) въ вертикальномъ положеніи. Штативомъ, на который подвѣшивается треугольникъ, является деревянный ящикъ, служащій въ другое время футляромъ для треугольника. Въ вершинѣ А, перпендикулярно къ плоскости треугольника, прикрѣпленъ небольшой экранъ съ круглымъ отверстіемъ *a*; внутренняя грань бруска ВС раздѣлена штрихами на произвольныя части, при чемъ штрихи занумерованы.



Солнечный треугольникъ въ 1:3$^1/_2$ натуральной величины.

Если, подвѣсивъ треугольникъ на штативъ, поворачивать ящикъ, то можно найти такое положеніе, при которомъ лучи Солнца, падая на экранъ и проходя черезъ отверстіе *a*, дадутъ на шкалѣ ВС небольшой свѣтлый кружокъ—изображеніе отверстія *a*. Кружокъ этотъ не будетъ оставаться неподвижнымъ; до полудня, — вѣрнѣе, до момента наибольшей высоты Солнца, — пока Солнце подымается надъ горизонтомъ, этотъ кружокъ будетъ опускаться; послѣ же полудня, когда Солнце начнетъ спускаться къ горизонту, кружокъ начнетъ подыматься

Пусть по часамъ замѣчены оба момента t_1 до полудня и t_2 послѣ полудня, когда свѣтлый кружокъ занималъ одно и то же опредѣленное положеніе (для этого и служатъ штрихи шкалы), — напр., когда кружокъ дѣлился пополамъ какимъ-нибудь штрихомъ. Назовемъ поправку часовъ u, а дѣйствительные моменты, соотвѣтствующіе t_1 и t_2, T_1 и T_2; тогда $T_1 = t_1 + u$, $T_2 = t_2 + u$. Моментъ $\frac{1}{2}(T_1 + T_2)$ давалъ бы время кульминаціи Солнца T, если бы Солнце оставалось неподвижнымъ на небесномъ сводѣ; но этого не существуетъ въ дѣйствительности, а потому для полученія момента кульминаціи Солнца необходимо къ $\frac{1}{2}(T_1 + T_2)$ прибавить нѣкоторую поправку τ, выражающуюся формулой

$$\tau = - A.\theta.\mathrm{tg}\varphi + B.\theta.\mathrm{tg}\delta,$$

гдѣ $$A = \frac{T_2 - T_1}{30\sin\frac{1}{2}(T_2 - T_1)} \quad \text{и} \quad B = \frac{T_2 - T_1}{30\,\mathrm{tg}\frac{1}{2}(T_2 - T_1)} \text{ *)}$$

такъ что $$T = \frac{1}{2}(T_1 + T_2) + \tau.$$

Если въ эти формулы подставить, какъ указано выше, вмѣсто T_1 и T_2, ихъ значенія $t_1 + u$ и $t_2 + u$, то получимъ

$$A = \frac{t_2 - t_1}{30\sin\frac{1}{2}(t_2 - t_1)};\quad B = \frac{t_2 - t_1}{30\,\mathrm{tg}\frac{1}{2}(t_2 - t_1)} \qquad (1)$$

$$\tau = - A.\theta.\mathrm{tg}\varphi + B.\theta.\mathrm{tg}\delta \qquad (2)$$

$$T = \frac{1}{2}(t_2 + t_1) + u + \tau. \qquad (3)$$

Разсматривая эти уравненія, видимъ, что, имѣя t_2 и t_1, можно найти A и B по ур. (1), затѣмъ по ур. (2) найти τ, и, наконецъ, изъ ур. (3) опредѣлить u:

$$u = T - \left[\frac{1}{2}(t_1 + t_2) + \tau\right],$$

такъ какъ T имѣется въ астрономическихъ календаряхъ подъ названіемъ „среднее время въ истинный полдень“.

Такова идея прибора и наблюденій съ его помощью. Краткое описаніе это, конечно, не можетъ служить руководствомъ къ построенію и употребленію солнечнаго треугольника; не въ томъ и цѣль этой замѣтки. Цѣль ея—обратить вниманіе читателей на интересный и простой инструментъ, весьма полезный и доступный каждому.

---

*) φ — широта мѣста наблюденія (можно взять съ географической карты), δ — склоненіе Солнца въ полдень, θ — измѣненіе склоненія Солнца въ 1 часъ времени; δ и θ имѣются въ астрономическихъ календаряхъ, напр., въ „Р. Астр. Календарѣ“; для log A и log B имѣются готовыя таблицы, онѣ приведены и въ упомянутыхъ статьяхъ проф. Глазенапа.

О сейсмической ассоціаціи. Конференція для основанія интернаціональной сейсмической ассоціаціи будетъ происходить отъ 24—27 іюля (н. ст.) въ Страсбургѣ, по приглашенію Германскаго правительства.

Вліяніе солнечнаго свѣта на распространеніе электромагнитныхъ волнъ. Въ теченіе многихъ опытовъ телеграфированія безъ проводовъ на дальнія разстоянія, произведенныхъ между передающей станціей на мысѣ Польдгу и станціей, устроенной на пароходѣ „Филадельфія", дѣлающемъ рейсы между Соутгемптономъ и Нью-Іоркомъ, Маркони имѣлъ случай замѣтить впервые значительную разницу въ разстояніяхъ, на которыхъ возможно обнаружить существованіе электрическихъ волнъ въ теченіе дня, сравнительно съ разстояніями, на которыхъ тотъ же эффектъ могъ быть полученъ ночью. Флемингъ передалъ Лондонскому Королевскому Обществу отчетъ Маркони по этому вопросу.

Передатчикъ станціи Польдгу, по существу, подобенъ употреблявшимся ранѣе Маркони при его опытахъ, но проводникъ, идущій кверху, поднятъ значительно выше и заряжается при значительно бо́льшемъ напряженіи, чѣмъ обыкновенно.

Передающій проводникъ состоитъ изъ пятидесяти мѣдныхъ голыхъ проволокъ, вертикально подвѣшенныхъ къ горизонтально протянутой проволокѣ между двумя мачтами, находящимися другъ отъ друга на разстояніи 60 метровъ, при чемъ высота ихъ равна 48 метрамъ. Эти пятьдесятъ проводовъ вверху прикрѣплены на разстояніи одного метра другъ отъ друга, а внизу сходятся вмѣстѣ къ землѣ, гдѣ соединяются съ передающимъ аппаратомъ. Напряженіе въ этихъ проводникахъ въ моментъ заряда при передачѣ достаточенъ для произведенія искры длиною 0,30 метра, между верхней частью проводниковъ и проводомъ, соединеннымъ съ землей. На борту корабля для пріемной станціи употреблялся пріемникъ Маркони съ трансформаторомъ, съ настройкой подъ длину волны передающей станціи.

Пріемный проводникъ состоялъ изъ четырехъ проволокъ, подвѣшенныхъ почти вертикально съ мачтъ парохода высотою около 60 метровъ. Нижній конецъ этихъ проволокъ былъ соединенъ съ пріемникомъ.

Находившіеся въ Польдгу помощники Маркони должны были передавать рядъ буквъ *s* и короткую депешу, съ опредѣленной скоростью, въ теченіе 10 минутъ, съ разстояніемъ между каждой серіей сигналовъ въ пять минутъ—въ слѣдующіе часы (по итальянскому счету): отъ 24 до 1 часу, отъ 6 до 7, отъ 12 до 13, отъ 18 до 19 ежедневно, начиная съ 22-го февраля и кончая 1-го марта включительно.

На бортѣ „Филадельфіи" Маркони не замѣтилъ никакой разницы въ полученіи сигналовъ днемъ и ночью, пока не получилось разстояніе 800 километровъ. На разстояніяхъ, превышающихъ тысячу километровъ, сигналы, переданные днемъ, получались совершенно искаженными, въ то время какъ ночные остава-

лись совершенно правильными до разстоянія въ 2.500 километр. и могли быть разобраны еще при разстояніи 3.350 клм. отъ Польдгу.

Интересно замѣчаніе, что въ тотъ періодъ года, когда производились опыты Маркони, дневной свѣтъ быстро возрастаетъ въ силѣ между 6 и 7 часами на Польдгу, при чемъ на бортѣ „Филадельфіи" Маркони замѣтилъ, что при разстояніи около 1.000 клм. можно было еще разбирать сигналы въ 6 часовъ, при чемъ они становились всегда менѣе ясными и исчезали совершенно къ 7 часамъ.

Казалось, что сила сигналовъ уменьшалась пропорціонально возрастанію силы солнечнаго свѣта въ Польдгу. Подобнаго-же ослабленія сигналовъ между 24 и 1 часомъ не оказалось. Маркони повторилъ эти пробы между станціей Польдгу и пріемными станціями (по устройству подобными бывшей на „Филадельфіи"), расположенными въ Норсгевенъ, Пуль, Дорсетъ и т. д. Разстояніе между Норсгевенъ и Польдгу около 240 клм., изъ коихъ 175 надъ моремъ. При этомъ было замѣчено, что сигналы, передаваемые съ Польдгу, могли быть въ точности получены ночью при четырехъ вертикальныхъ проводахъ высотой въ 12 метровъ, въ то время какъ, при прочихъ одинаковыхъ условіяхъ, для дневного дѣйствія необходима была высота 18,5 метра, для полученія сигналовъ съ той-же отчетливостью, какъ и ночью.

Согласно Маркони, слѣдуетъ искать причину разницы результатовъ въ томъ обстоятельствѣ, что солнечный свѣтъ производитъ разряженіе передающаго провода.

Электрическія колебанія въ передающемъ проводникѣ должны быть поэтому защищены отъ дѣйствія свѣта для полученія отъ нихъ сигналовъ той же силы, какъ и въ темнотѣ.

Уже ранѣе многіе наблюдатели замѣтили разряженіе заряженныхъ отрицательно металлическихъ тѣлъ, благодаря дѣйствію дневного свѣта; такъ какъ передающій проводникъ долженъ на полъ періода заряжаться отрицательно, то разряжающаго дѣйствія свѣта можетъ оказаться достаточнымъ, чтобы произвести уменьшеніе амплитуды колебаній.

Маркони не получилъ благопріятнаго результата, защищая колебатель отъ дѣйствія свѣта. Интересно было бы узнать, увеличивается-ли сила сигналовъ при дневной передачѣ съ прикрытіемъ передающаго проводника непрозрачными матеріалами.

Мы имѣемъ причины думать, что этотъ опытъ далъ бы благопріятные результаты.

Для малыхъ разстояній дѣйствіе разряженія не проявляется или, по крайней мѣрѣ, оно не замѣтно. Это дѣйствіе проявляется только для большихъ разстояній, съ употребленіемъ очень сильныхъ аппаратовъ и высокихъ напряженій.

Нужно добавить еще, что не всѣ физики согласны съ Маркони. Такъ, напримѣръ, Жоли указываетъ, что дѣйствіе, замѣченное молодымъ итальянскимъ электрикомъ, можетъ быть при-

писано тому обстоятельству, что электрическія волны, производимыя въ Англіи, движутся въ теченіе дня въ сторону, противоположную току земного эфира, а ночью въ ту же сторону такимъ образомъ, что онѣ находятся въ условіяхъ, аналогичныхъ передачѣ звука при сильномъ вѣтрѣ—по вѣтру и противъ вѣтра.

Профессоръ Оливеръ Лоджъ не допускаетъ такого объясненія. Согласно его мнѣнію, явленіе, замѣченное Маркони, обусловливается проводимостью или же частичной непрозрачностью воздуха подъ вліяніемъ ультрафіолетовыхъ солнечныхъ лучей.

Но въ настоящій моментъ интересна еще не теорія явленія, а само явленіе, о которомъ желательно имѣть свѣдѣнія.

(„Почтово-Телегр. Ж.").

ЗАДАЧИ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ.

Рѣшенія всѣхъ задачъ, предложенныхъ въ текущемъ семестрѣ, будутъ помѣщены въ слѣдующемъ семестрѣ.

№ 316 (4 сер.). Показать, что при

$$x+y+z=0$$

частныя, полученныя отъ дѣленія выраженія $30(x^7+y^7+z^7)$ на каждый изъ трехчленовъ

$$x^2+y^2+z^2,\quad x^3+y^3+z^3,\quad x^4+y^4+z^4,\quad x^5+y^5+z^5,$$

могутъ быть представлены въ видѣ цѣлыхъ относительно x, y и z многочленовъ съ цѣлыми коэффиціентами.

Е. Григорьевъ (Казань).

№ 317 (4 сер.). Дана окружность и на ней точка A. Провести черезъ точку A хорду такъ, чтобы опущенный на нее изъ данной точки B перпендикуляръ дѣлилъ ее въ данномъ отношеніи.

I. Өеодоровъ (Спб.).

№ 318 (4 сер.). Въ данномъ кругѣ провести хорду AB перпендикулярно къ данной прямой MN такъ, чтобы хорда AB дѣлилась точкой C встрѣчи прямыхъ AB и MN въ данномъ отношеніи.

I. Өеодоровъ (Спб.).

№ 319 (4 сер.). Вычислить стороны треугольника, зная что онѣ образуютъ ариѳметическую прогрессію съ разностью d и что отношеніе площади треугольника къ площади прямоугольника, построеннаго на двухъ наименьшихъ сторонахъ треугольника, равно данному числу m.

(Заимств.).

№ 320 (4 сер.). Къ какому предѣлу стремится выраженіе

$$u=x.\left[\sqrt{x^2+a^2}-\sqrt[4]{x^4+a^4}\right]$$

при безконечномъ возрастаніи x?

(Заимств.).

№ 321 (4 сер.). Данъ нѣкоторый объемъ воздуха при температурѣ 10° и при гигрометрическомъ состояніи 0,75. Найти объемъ этого воздуха, зная, что онъ заключаетъ 2 грамма паровъ воды.

Максимальная упругость паровъ воды при 10° равна 9,2 миллиметра. Плотность водяного пара равна 0,622.

(Заимств.)

РѢШЕНІЯ ЗАДАЧЪ.

№ 246 (4 сер.). *Стороны* AB, BC, CD *и* AD *четыреугольника* ABCD *равны соотвѣтственно*

$$a,\ a,\ 3a\ и\ \left(3+\cfrac{1}{3+\cfrac{1}{6+\cfrac{1}{3+\cfrac{1}{6+\ldots}}}}\right)a,$$

гдѣ a — *данный отрѣзокъ, и уголъ его* B *прямой. Построить четыреугольникъ* ABCD *и вычислить его площадь.*

Обозначивъ числовое значеніе непрерывной дроби $3+\cfrac{1}{3+\cfrac{1}{6+\ldots}}$ черезъ x, имѣемъ:

$$x-3=\cfrac{1}{3+\cfrac{1}{6+\cfrac{1}{3+\cfrac{1}{6+\ldots}}}},\qquad x-3=\cfrac{1}{3+\cfrac{1}{6+x-3}},\qquad x-3=\cfrac{1}{3+\cfrac{1}{x+3}},$$

$$x-3=\frac{x+3}{3K+10},\quad 3x^2-9x+10x-30=x+3,$$

$$3x^2-33=0,\quad x^2=11,$$

откуда, такъ какъ x положительно, $x=\sqrt{11}$.

Итакъ

$$AD=a\sqrt{11}\quad (1).$$

Изъ равенствъ (см. (1))

$$\overline{AC}^2+\overline{CD}^2=\overline{AB}^2+\overline{BC}^2+\overline{CD}^2=a^2+a^2+(3a)^2=11a^2=\overline{AD}^2$$

мы убѣждаемся, что $\angle ACD=90^0$. Поэтому для построенія искомаго четыреугольника достаточно на сторонахъ нѣкотороаго прямого угла C отложить отъ воршины отрѣзки $AB=BC=a$, возставить изъ одной изъ точекъ A или C — напримѣръ, C — возставить перпендикуляръ къ AC и отложить на немъ $CD=3a$. Площадь четыреугольника $ABCD$ равна суммѣ въ случаѣ выпуклаго и разности (такъ какъ $\angle ACD > \angle ACB$, $\angle CAD > \angle CAB$) въ случаѣ невыпуклаго четыреугольника площадей треугольниковъ ACD и ABC. Первая изъ этихъ площадей равна

$$\frac{AC.\,CD}{2}=\frac{\sqrt{\overline{AB}^2+\overline{BC}^2}.\,CD}{2}=\frac{a\sqrt{2}.3a}{2}=\frac{3a^2\sqrt{2}}{2},$$

вторая же равна

$$\frac{AB.\,BC}{2}=\frac{a^2}{2},$$

такъ что

$$\text{площадь } ABCD=\frac{a^2(3\sqrt{2}\pm 1)}{2}.$$

Г. Огановъ (Эривань); *И. Плотникъ* (Одесса); *Х. Вовси* (Двинскъ);

№ 253 (4 сер.). *Сколько сторонъ можетъ имѣть правильный многоугольникъ, площадь котораго въ цѣлое число разъ болѣе площади квадрата, построеннаго на радіусѣ описаннаго круга?*

Пусть Q_n—площадь правильнаго n-угольника, r—радіусъ описаннаго около него круга, k_n—отношеніе Q_n къ r^2. Разбивая изъ центра правильный n-угольникъ на треугольники, имѣемъ:

$$Q_n = n \cdot \frac{r^2 \sin \frac{360^0}{n}}{2}, \quad k_n = Q_n \frac{n \sin \frac{360^0}{n}}{2}. \qquad (1)$$

Мѣняя въ формулѣ (1) n на $n+1$, получимъ:

$$k_{n+1} = \frac{(n+1)\sin \frac{360^0}{n+1}}{2} \qquad (2).$$

Если положить

$$\frac{360^0}{n(n+1)} = \alpha \qquad (3),$$

то формулы (1) и (2) даютъ:

$$k_{n+1} = \frac{(n+1)\sin n\alpha}{2}, \quad k_n = \frac{n \sin(n+1)\alpha}{2},$$

откуда

$$k_{n+1} - k_n = \frac{1}{2} \cdot \left[(n+1)\sin n\alpha - n(\sin n\alpha \cos\alpha + \cos n\alpha \sin\alpha)\right] =$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \left(n\sin n\alpha - n\sin n\alpha\cos\alpha + \sin n\alpha - n\sin\alpha . \cos n\alpha\right) =$$

$$= \frac{1}{2}\left[n\sin n\alpha(1-\cos\alpha) + \cos n\alpha(\operatorname{tg} n\alpha - n\sin\alpha)\right] \qquad (4).$$

При $n > 3$ (см. (3)) уголъ $n\alpha$, а потому и уголъ α суть углы острые, поэтому при $n > 3$ имѣемъ: $n\sin n\alpha\,(1-\cos\alpha) > 0$, $\operatorname{tg} n\alpha > n\alpha > n\sin\alpha$, $\operatorname{tg} n\alpha - n\sin\alpha > 0$, а потому и (см. (4)) $k_{n+1} - k^n > 0$.

При $n = 3$ окончательное выраженіе формулы (4) (см. (3)) теряетъ смыслъ; но въ этомъ случаѣ (см. (1); (4), кромѣ окончательнаго преобразованія) находимъ: $k_4 - k_3 = \frac{4 - 3\cos 30^0}{2} = \frac{1 + 3(1-\cos 30^0}{2} > 0$.

Итакъ k_n съ возрастаніемъ цѣлаго числа n, которое по условію не менѣе 3, возрастаетъ. Полагая (см. (1)) $n = 3$, 4, 12, имѣемъ:

$$k_3 = \frac{3\sin 120^0}{2} = \frac{3}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}, \; k_4 = 2\sin 90^0 = 2, \; k_{12} = 6\sin 30^0 = 3 \qquad (5).$$

Кромѣ того, дѣля обѣ части неравенства $Q_n < \pi r^2$ на r^2, имѣемъ:

$$k_n < \pi < 4 \qquad (6).$$

Итакъ k_3 не есть цѣлое число; при $12 > l > 4$ число k_l не есть цѣлое, такъ какъ (см. (5))

$$3 = k_{12} > k_l > k_4 = 2.$$

При $m > 12$ (см. (5), (6)) k_m не есть цѣлое число, такъ какъ

$$3 = k_{12} < k_m < 4.$$

Итакъ k_n обращается въ цѣлое число лишь при n равномъ 4 или 12.

Л. Ямпольскій (Braunschweig); *Г. Огановъ* (Эривань); *Масковъ* (Казань);

№ 258 (4 сер.). *Рѣшить уравненіе*

$$150x^2-60a\sqrt{x}+54-5a^2=0.$$

Представимъ данное уравненіе въ видѣ

$$(150x^2+180x+54)-(180x+60a\sqrt{x}+5a^2)=0 \qquad (1).$$

Изъ уравненія (1) имѣемъ:

$$6(25x^2+30x+9)-5(36x+12a\sqrt{x}+a^2)=0,$$

$$6[(5x)^2+2.(5x)+3^2]-5[(6\sqrt{x})^2+2a(6\sqrt{x})+a^2]=0,$$

$$6(5x+3)^2-5(6\sqrt{x}+a)^2=0,$$

или

$$[\sqrt{6}(5x+3)+\sqrt{5}(6\sqrt{x}+a)][\sqrt{6}(5x+3)-\sqrt{5}(6\sqrt{x}+a)]=0 \qquad (2).$$

Уравненіе (2) распадается на два:

$$5\sqrt{6}x+6\sqrt{5}.\sqrt{x}+3\sqrt{6}+a\sqrt{5}=0, \qquad (3),$$

$$5\sqrt{6}x-6\sqrt{5}.\sqrt{x}+3\sqrt{6}-a\sqrt{5}=0. \qquad (4).$$

Изъ уравненія (3) находимъ:

$$\sqrt{x}=\frac{-3\sqrt{5}\pm\sqrt{45-5\sqrt{6}(3\sqrt{6}+a\sqrt{5})}}{5\sqrt{6}}=\frac{-3\sqrt{5}\pm\sqrt{45-90-5a\sqrt{30}}}{5\sqrt{6}}=$$

$$=\frac{-3\sqrt{5}\pm\sqrt{-45-5a\sqrt{30}}}{5\sqrt{6}}=\frac{-3\sqrt{5}\pm\sqrt{5(-9-a\sqrt{30})}}{\sqrt{5}.\sqrt{30}},$$

$$\sqrt{x}=\frac{-3\pm\sqrt{-9-a\sqrt{30}}}{\sqrt{30}},$$

откуда, возвышая обѣ части въ квадратъ, получимъ:

$$x_1=\frac{-a\sqrt{30}+6\sqrt{-9-a\sqrt{30}}}{30}, \quad x_2=\frac{-a\sqrt{30}-6\sqrt{-9-a\sqrt{30}}}{30}.$$

Подобнымъ же образомъ изъ уравненія (4) найдемъ:

$$\sqrt{x}=\frac{3\pm\sqrt{-9+a\sqrt{30}}}{30},$$

откуда

$$x_3=\frac{a\sqrt{30}+6\sqrt{-9+a\sqrt{30}}}{30}, \quad x_4=\frac{a\sqrt{30}-6\sqrt{-9+a\sqrt{30}}}{30}.$$

Х. Вовси (Двинскъ); *Я. Сыченковъ* (Орелъ); *Г. Огановъ* (Эривань).

Редакторы: **В. А. Циммерманъ** и **В. Ф. Каганъ**. Издатель **В. А. Гернетъ**.

Дозволено цензурою, Одесса 29-го Марта 1903 г.

Типографія Бланкоиздательства М. Шпенцера, Ямская, д. № 64.